

大连海事大学硕士研究生

学位论文开题报告

(学术学位)

姓 名：房斯明

学 号：1120180003

院（系）：航海学院

学 科：交通信息工程及控制

指导教师：刘正江

论文题目：基于人员疏散行为仿真
的客船设计研究

开题时间：2019 年 10 月 14 日

大连海事大学研究生院制

2019 年 1 月

硕士研究生学位论文开题报告填写说明及管理规定

硕士学位论文开题报告是做好学位论文的基础，为了完善硕士研究生过程质量监控体系，提高硕士研究生培养质量，要求在校硕士生应在第三学期结束前（两年学制的硕士生应在第三学期前八周内完成）完成学位论文开题报告。

一、开题报告内容应分类清楚，归纳合理，科学技术问题凝练准确，语言规范，逻辑清晰。字数不少于 8000 字（其中文献综述 5000 字左右）；近五年的文献不少于总数的 1/3；

二、《硕士研究生学位论文开题报告》完成以后，应组织公开的学位论文开题报告会。

三、开题报告会由学院负责组织，学科具体实施。开题报告会根据研究生的研究方向和人数成立相应的开题报告考核小组，由 3~5 名具有高级技术职称的专家组成，每个小组设组长和秘书各 1 名，小组中至少 3 人是硕士研究生导师，申请人的导师不能作为考核小组成员。评审专家小组就开题的意义、文献综述、研究内容、可能遇到的问题、是否通过开题等写出结论性的审查意见，并将结果和相关材料留学院备案。

四、《硕士研究生学位论文开题报告》必须采用 A4 纸双面打印，左侧装订成册，各栏空格不够时，请自行加页。本表可在研究生院网站下载。

论文题目：基于人员疏散行为仿真的客船设计研究

论文类型：（1）基础研究；（2）应用基础研究；（3）应用研究；（4）其它

课题来源：（1）纵向课题；（2）横向课题；（3）自选课题；（4）其它

一、选题的科学依据

1、选题背景：说明选题的科学依据，提出明确的科学问题；

随着社会经济的高速增长，越来越多的人选择乘坐豪华邮轮旅游观光，而这种新型的旅游方式也得到了国家的大力支持，豪华邮轮作为“海上移动城市”载客量目前可达 3000-4000 人。国内近些年来重点发展大型客船的建造，想尽快掌握相关核心科技完成邮轮的自主设计和建造。因此在该过程中，船舶的安全性能就不得不考虑，尤其是这种大型船舶，因为所载人数众多，一旦发生事故，后果往往不堪设想。

随着经济的高速增长，船舶趋向于大型化、自动化和高速化的发展，尤其是在邮轮市场高速增长的同时，保证乘客的安全是至关重要的。1912 年 4 月 14 日，号称“永不沉没”的巨轮“泰坦尼克”号在其处女航中撞上冰山，随后在不到三个小时内沉没，超过 1500 人在事故中失去生命。此次事故之后诞生了第一版的《海上人命安全公约》（SOLAS 公约），但是在此后的一百多年航运发展过程中，还是发生了一系列的海难事故造成了大量人员伤亡。2012 年 1 月 13 日，载有 4229 名乘客和船员的“歌诗达协和号”在意大利海岸触礁，船体进水并开始向右倾斜，事故造成 32 人死亡，2 人失踪。2014 年 4 月 16 日，往返于仁川和济州的清海镇海运所属的“岁月号”在珍岛郡海上发生沉船事件，事故导致 295 人遇难，9 人失踪。2015 年 6 月 1 日，由南京开往重庆的旅游客船“东方之星”号行驶至长江湖北石首段时突遇龙卷风翻沉，事故造成 442 人遇难，仅 12 人获救。

针对不时发生的客滚船舶海难事故，船舶人员疏散问题逐渐得到人们关注。1999 年，IMO 的海安会发布了第一版《客滚船简化疏散分析暂行指南》（Interim guidelines for a simplified evacuation analysis on Ro-Ro passenger ships），指导客滚船开展疏散能力简化分析。2016 年，经过多次修订和增补，海安会在第 96 次会议中发布了《新造客船和现有客船疏散分析修订指南》^[1]（以下简称《指南》），一系列的文件发布旨在鼓励成员国利用《指南》中所提供的场景和参数开展疏散实验、分析疏散结果和评估疏散过程，结合现有客船布置，为船舶人员疏散提供更有效的建议和科学的指导。然而目前指南所提供的实验参数是参考陆地疏散过程的，并不能很真实的反映海上船舶人员疏散的特点。

相比较地面疏散，船舶人员疏散过程需要考虑船舶设计的特点，人员在疏散过程中，船舶有走廊较为狭窄，船舶布置比较拥挤，人员相对集中的特点，因此要想客观的反映船舶人员疏散过程，必须要结合船舶特点来进行研究。并可以结合研究成果对现有船舶的设计不足提供改进意见，改善未来船舶的建造设计，为海上客船人命安全提供保障。

2、文献综述：通过文献综述，阐述国内外的研究现状、发展趋势及存在的科学技术问题。

2.1 船舶人员疏散研究现状

行人疏散动力学涉及多个领域的知识，如物理学、力学、计算机科学、心理与社会学等。最早关于人员疏散的研究是 20 世纪初，美国学者首次开展了行人在通道、出口以及楼梯上的运动研究^[2-3]。同时，客船作为一种交通工具，其上的乘客都是作为临时性人员，通常对环境不熟悉往

往会做出有别于陆地行人疏散的行为,如拥堵、折返、群体行为等现象。由于目前有关海上的乘客统计学特征研究较少,尤其是海上疏散过程的实验数据难以采集,而实验模拟往往不能真实反映出在船舶运动状态下的人员撤离情景。

速度作为影响疏散过程中最重要的一项因素,因此对获得的人员在船舶的行走速度对于能否准确模拟客船疏散过程是至关重要的,目前国外的研究机构已经在海上疏散方面取得一定的成果。日本国家海事研究所(National Maritime Research Institute of Japan, NMRI)^[4-5]对一艘停泊在港湾的客船进行了为期3年的实验,针对船上的70-120名20岁左右的学生,得出人员在船舶走廊内的移动速度为1.4m/s,在梯道的移动速度为0.7m/s。韩国海事大学^[6]针对一些没有船舶生活经验的大学生在客船上的行走速度进行研究,研究表明当船舶处于航行状态时,行人速度要比停泊时慢20%-30%,并且统计分析行人上楼梯和下楼梯的速度分别为0.71m/s和0.75m/s。澳大利亚海事工程合作研究中心(Australian Maritime Engineering Cooperative Research Center, AMECRC)^[7]研究在具有倾角的走廊环境中的人员行走速度,在正常状态下的行人行走速度为1.65m/s,在纵倾向下状态下,个体行走速度随纵倾角的增大而减少;而对于纵倾向上和横倾状态,行人行走速度随倾角的增大没有明显计划。Lee^[8]针对个体和群体运动,指出相对运动是影响行走速度的重要因素,并且指出此时是在船员的指示下进行撤离的,没有惊慌的心理因素。Qiao^[9]等考虑同一船舱的人会有从众行为,针对每个个体的速度不同与个体之间的距离影响,仿真出该种情况下所选择的安全路径。赵敏^[10-11]通过海上救助模拟系统,设计并实施了船舶在不同横摇角度下的行走实验,获得了横摇角度影响因素下角度和人员疏散速度的关系,并基于此建立符合海上逃生人员的速度模型。

Ha Sol et al.^[12]基于元胞自动机模型来分析客船人员疏散中的乘客行为,为每一个元胞设置个体行为、群体行为和逆流避碰行为等规则,其中个体行为用乘客的基本行走方向来描述,而乘客与其他人员互动导致的行走方向和速度的变化则通过分散、聚合、列队等群体行为来表达。Sivers et al.^[13]通过社会认知模型应用程序将心理学和计算机科学的研究结合起来,重点研究在疏散过程中的帮助他人。借鉴2005年伦敦地铁运输爆炸疏散时间的一些定量数据,通过人群模拟算法构建社会认知规则,将心理学模型转换到行人运动计算机模型中,观察人群心理学影响下的模拟结果,量化有关群体身份对人员行为影响。Ni Baocheng et al.^[14]研究了存在障碍物影响的情况下客船人员疏散问题,提出了基于Agent的社会力模型,模型包括人员运动子模型、路径规划子模型和目标驱动决策子模型,在社会力模型中考虑了乘客、船员和障碍物的相互作用力。陈淼^[15]提出了基于元胞自动机理论的多网格模型,有效地解决行人行走的连续性、多方向选择的不足问题,提高模型对边界区域的利用率;与传统的元胞自动机模型进行对比,改正的模型在疏散模拟中的准确性和真实性有显著提高。朱成华等^[16]指出当前船舶人员疏散效果研究中的不足,在了解、分析人员疏散过程的基础上,建立了系统的评估体系,并对各指标进行定义和说明,依据DEA模型建立人员疏散效果评估模型,分析在船舶建造结构、疏散方案等条件约束下,船舶人员疏散时间、拥堵地点、安全性的优劣程度,提出疏散方案的改进方向。杨琪等^[17]利用欧洲“Safeguard”项目的演习数据,在Anylogic平台上建立邮轮人员安全疏散模型,通过设置不同的人员移动速度和疏散路径,分析模型参数的灵敏度,对比疏散的效果,利用软件对比试验数据与实际值的匹配程度,验证项目使用的人员移动速度的有效性。

中国科学技术大学的孙锦路^[18-20]发明了双自由度倾斜平台行走体验装置,研究了人员在船体倾斜状态下个人行走速度变化规律,并分析了在不同横/纵倾角下的个体时空步态特征,船舶在横/纵倾角作用下单列船载人员的运动特征,并考虑综合作用下的人员行走速度变化规律。大连海事大学的廖守衡^[21-22]运用社会力学模型,通过对人群动力学分析,提出客船倾斜状态下的一般疏散动力学方程组表达式,推导出斜面稳定平衡时的人员逃生速度一般表达式。并依据社会力学理论开发了客船人员疏散仿真演示系统,模拟出自组织、堵塞、门口季节、快即是慢等现象,分析研究了客船倾斜角度和舱门宽度对人员疏散效果的影响,为船舶设计提供一些依据。高飞^[23]针对船

船舶运动的特殊性对传统的社会力模型进行改进,考虑船舶横摇运动对行人速度的制约,优化了行人在横摇状态下的疏散实验。周城^[24]以船舶的拐角为主要分析对象,运用生物力学等相关方法,在转动非惯性系中引入离心力,得出了在船舶处于正浮以及不同的倾斜状态、一定的倾角范围内倾斜时疏散人员在走廊拐弯处的疏散速度范围。武汉理工大学的徐澄^[25]从人员疏散的角度出发,探索性地研究客船在发生紧急情况后,不同布置方案的疏散效率问题,并以疏散时间为衡量指标,进一步优化客船甲板布置设计。针对大型公共舱室,研究人员初始分布方案对疏散过程与疏散路线的影响。并模拟出人员拥堵、驻留和折回等现象。哈尔滨工程大学的曹时^[26]提出的 ACO-S 算法与人员运动仿真模型相结合的 CA-ACO 算法,并加入视野拓宽与 Kirchner “地面场”的 CAOS 模型,确定人员宏观运动方向,用人员运动仿真模型模拟节点以及将节点相连的通道范围内的人员微观运动状态,得出耗时最短的人员疏散路径与人员过程中发生阻塞的位置。

郭琳等^[27-28]基于国际海事组织标准的进行客轮正常状态下疏散实证研究,从实际出发,选择国内热门旅游航线上的一艘四层客轮进行试验,获取其布局结构、人员分布、乘客正常状态下疏散时各个位置的行人密度和速度,利用 IMO 标准中所规定的客轮安全疏散时间计算方法对该客轮的疏散数据进行计算和分析,找到疏散中的瓶颈和潜在危险,提出相应的缓解措施,并对新造船的设计提出建议,以提高该船在诸如火灾、碰撞等非正常状态下疏散的效率和安全性。金雁等^[29]针对某 120 客位旅游客船的 4 型通道布置,运用元胞自动机建立疏散模型,进行基于人群疏散模拟的总布置优化研究。通过对 120 客位旅游客船的疏散过程及结果进行比较分析,得到优化的通道布置方案。倪宝成^[30]等研究了穿戴救生衣因素对疏散过程的影响,以某客船单层甲板内乘客的疏散过程为例,研究了乘客的不同分布情况以及是否穿戴救生衣对疏散过程的影响,得出乘客逆行返回舱室取得并穿戴救生衣行为极大的增加了疏散时间,该行为是影响疏散时间的重要因素,构建船舶疏散模型时考虑该行为是十分必要的。减小逆行返回住舱寻找救生衣的乘客数目,可以很大程度上提高疏散效率,为设计人员提升船舶的安全性提供了新的思考角度。

Sarvari et al.^[31]设计了一种用于建模、分析和规划海上应急疏散的方法,通过提供包括实验设计、模拟、统计分析和决策支持系统(DSS)在内的综合方法,用于渡船紧急疏散决策。其中,实验设计确定影响疏散性能测量的因素以及因素的类型/水平;在模拟部分,通过 Maritime EXODUS V5.1 和 SMARTFIRE V4.3 分别模拟紧急疏散和火灾环境,以确定不同因素对疏散性能测量(即疏散时间和死亡人数)的影响;最后,基于上述结果,开发了一个包括航行前的应急计划模块、应急疏散估算模块和应急状态规划模块的决策支持系统。由于疏散软件评价船舶人员疏散的时间较长,船舶越大,环境越复杂,所需的时间就越长。Hifi, Y^[32]集中于研究推导出一个参数化模型,该模型可以简单到足以快速估计疏散时间,也能准确获得疏散过程的不同因素。作者研究了不同的参数模型,分析了一系列疏散时间和非均匀泊松过程(NHPP)数据,对数据进行分析,利用选择的参数模型对疏散时间进行拟合,利用拟合模型生成新的数据。最后,将结果与原始数据进行了比较分析。黄丹妍等^[33-34]通过运用 Pathfinder 和 FDS 疏散和火灾模拟软件演示出舰船生活区舱室人员的疏散过程,分析烟气在特殊长通道的结构特征,得出疏散规律,并对易拥堵的位置进行优化,得出最优出口设置,并使疏散效率提高,平衡内部房间出口的疏散压力。

2.2 其他人员疏散研究现状

客船人员疏散是一个复杂的系统,受多种因素的影响,此外,由于不熟悉船舶环境和应急疏散流程,乘客还会表现出多种可能性疏散行为;同时,船舶的结构环境、人员疏散方式和操作程序等与陆地人员疏散的过程仍有很大的不同。同时,针对船舶人员疏散的相关研究非常有限且并不深入,相比较陆地疏散研究还有一定的差距。^[35]

关于陆地人员疏散涉及到多个领域,如:建筑物、地铁站、高校等区域的研究技术都比较成熟。Hejrati 等^[36]研究了四肢健全的实验对象在不同实验条件下的摆臂模式。实验分别对地面倾角,个体行走速度以及个体自身特性参数对其摆臂模式的影响进行分析。其中 15 位男性和 15 为女性

实验对象的身高为 1.58-1.91m, 体重为 49-98kg。基于每位实验对象的自适应个体行走速度, 实验对象个体在不同倾斜平面 (-8.5° , -4.2° , 0° , $+4.2^{\circ}$, $+8.5^{\circ}$) 上分别以四种行走速度完成行走实验。实验结果表明地面倾角、个体行走速度以及个体高度均为对其摆臂模式造成显著影响的主要因素。Fang 等人^[37-38]正对高层建筑物的楼梯进行疏散研究, 考虑合并行为, 人员密度以及楼梯的可靠性, 得到速度的下降由三个方面决定: 楼梯间入口缓冲区的合并行为, 行人力量和楼梯间的可见性, 测得楼梯下行速度约为 0.81m/s, 并比较了与 SFPE 手册中的速度与密度关系函数, 并有较好的吻合。Huo 等人^[39]在高层建筑里开展了疏散演习实验, 从视频数据中提取出运动参数, 分析了不同情景下的人员分布和楼梯平台的流量, 并且考虑汇流行为, 结果发现, 参与者之间出现较长间隔造成个体缓慢运动的瓶颈, 并且人员在汇流之前会加速, 通过分析基本图, 发现汇合的流量会影响行人的下楼梯运动。Zheng 等人^[40]对地铁的进水深度与行人速度的影响进行研究, 在行人在有水的环境中的行为与没有水有很大的不同, 随着水深的蔓延速度的增加, 成功疏散的人数就会减少, 同时增加了支持物的因素, 针对有支持物的帮助下, 人员会更加趋向于支持物。在遮蔽物的考虑中, 当行人无法正常移动时可以考虑进入遮蔽物中等待救援, 并尽量将遮蔽物布置在接近出口的地方。Wang 等人^[41]依据行人动力学的基本图, 通过分析行人密度、速度和流量之间的关系, 研究了不同的楼梯坡道和单双向的行人流, 提出行人运动的衰减模型来量化步行速度与密度之间的关系, 发现行人运动的疏散特性并与实验结果吻合很好, 可以定量解释行人动力学的基本图的分歧。

Heba 等人^[42]主要研究在很多行人的环境中, 出口位置的影响, 设计了四种不同的多出口疏散系统, 该系统运用了两种人工智能技术 (模拟退火[SA]和深度优先搜索[DFS]) 来测试在多个出口位置所达到的最优平衡。仿真和实验结果显示: 当采用最近出口 (DFS) 为疏散策略时, 出口相邻布置会导致某些出口的拥堵程度加重和疏散时间增加。SA 算法是寻找最优算法, 在所有场景和所有可用出口中找到一个最优平衡, 同时不受相邻出口分布的负面影响, 实验表明其比最近出口疏散 (DFS 算法) 更合适。Lei 等人^[43]研究了楼梯和出口的位置对疏散的影响, 运用 FDS+Evac 软件模拟疏散过程, 并仿真出四种疏散场景下的细节, 结果显示楼梯的位置对疏散有很小的影响。当楼梯位于建筑物的中间时, 出现层流。对于层流, 其流速在疏散过程中是不确定的, 具有两个及以上疏散稳定阶段。疏散流速曲线显示为梯形, 流量的分层导致人员撤离时更加恐慌, 因为位于建筑物后面的人无法有效确定在他们面前可以跟踪的目标。对于相等宽度的出口, 两个出口的疏散效率更高, 疏散时间更短。当出口朝向楼梯时, 撤离时间更短, 且人员的速度相对更加稳定。因此在建筑物建造时出口尽量面向楼梯, 大的较宽的楼梯尽量拆分为两个相当的楼梯。Ma 等人^[44]考虑了小组中不同的相处关系对紧急情况下人群疏散动力的影响, 在一座 11 层的写字楼里做了三次实验, 参加三次实验的人员之间关系都各不相同, 结果得出, 当疏散者都互相了解彼此且能合作的话, 小组行为对整个行人动力学起到积极作用。这个结论同时在之后的 4 个证明实验被验证。但是当关系过于亲近时, 疏散速度降低, 此时小组会自动形成, 小组行为会降低人群的平均速度并扰乱人群流量。小组行为在这个案例中对人群的疏散是一个负面的影响, 因为疏散者不够了解彼此, 并且没有合作。不同小组的类型的特征也被研究, 经验数据可为以后模型建设等提供参数。

陈长坤等人^[45-46]通过对突发火灾下人员疏散心理及行为的调查与分析, 应用 Pathfinder 软件对地铁站异质人群突发状况下疏散折返行为进行研究, 对人员面对不同情景时的折返意向进行调研, 分析了疏散楼梯宽度、折返人员比例、折返位置、列车到站数量以及折返人员类型等对地铁站疏散速率和疏散时间的影响, 结果表明折返比例、折返距离和难度与稳定疏散期疏散速率呈负相关, 与疏散时间呈正相关, 疏散楼梯宽度倍数则反之; 地铁站停靠的列车数量与疏散时间呈正相关; 肩越窄、运动速度越快, 稳定疏散期的疏散速率越大、整体疏散时间短。益朋等人^[47]针对人员习惯心理的影响因素及其对安全疏散的影响问题, 提出一种综合考虑习惯心理和恐慌、从众心理影响下的人员出口选择计算方法。通过问卷调查和访谈, 获得人员在熟悉环境中产生习惯心理的原因, 采用 Pathfinder 软件模拟某高校学生食堂的安全疏散情况, 得到习惯心理及恐慌、从

众心理综合影响下安全疏散时间、出口使用效率以及人个体疏散时间的差异。结果表明：“目的导向”是人员在熟悉环境中形成习惯心理的主要因素；在人员聚集程度大的方位设计宽度较大的出口，以及在人员习惯的行进方向设计建筑物的主要出口，可以有效提高建筑物紧急疏散的效率。

2.3 总结与分析

总的来说，目前有关船舶人员行为特征的研究收到了资金和安全问题的限制，目前还没有足够的有关人员速度及相关行为的数据，目前提出的很多有关相对船舶运动的实验公式也是依托理论分析和参考陆地疏散，并且实验模型的准确性和真实性也不足以和其他人员疏散的研究媲美。

通过分析相关文献的现状可知，关于交通设施中的人员疏散研究较少，尤其是船舶人员疏散领域，迫切需要能够识别和覆盖不同紧急情况的决策支持系统，以减少人为因素的误差，加快疏散进程。

3、研究目的和意义：明确研究目的、选题的理论意义和实际应用价值。

3.1 研究目的

本文主要研究船舶人员撤离过程中，不同的人员行为对疏散过程的影响，并在不同的人员行为中，探究目前的客船布置缺陷，旨在优化客船设计，保证乘客能在紧急情况时及时撤离，保证生命安全。

通过对在紧急情况下的船舶人员疏散可能会出现的行为（如：团体行为、折返行为、领导性行为等）进行模拟，将其与对比于正常疏散实验，通过疏散时间、疏散人数等指标来分析此种行为对疏散过程的影响大小，统计各种行为下的船舶设施的使用率，针对使用率比较大的门或通道，可将其分散到其他路径，均衡各设施的疏散压力。最终对客船的布置设计提供意见，优化拥堵人数比较多的区域。

3.2 选题的理论意义和实际应用价值

（1）对人员在船舶疏散情境下的行为进行研究。对于在灾害发生时，乘客又作为临时性船舶人员，会出现很多的个体、群体协作、竞争等行为，这些行为有些是利于人员疏散，而有些会对疏散产生负面影响。针对这些行为的研究，可以总结船舶人员的流动规律。

（2）通过仿真出的实验结果，可以清楚了解到疏散过程中人员特点，通过分析有利于在紧急情况时船员对乘客的疏导，让安全管理人员做出有效综合评价，使各设施得以均衡利用，在实现疏散效率的最大化同时尽量避免发生二次伤害。

（3）对于客船的布置设计具有指导意义，针对实验中的拥堵点和行走速度，对船舶的通道布置、舱室大小和出口位置等的设置有重要参考意义。

主要参考文献（近五年的参考文献不少于总数的 1/3）

序号	文献目录（作者、题目、刊物名、出版时间、页次）
[1]	IMO. Revised Guidelines on Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships, IMO MSC.1, Circ. 1533, 2016.
[2]	J.L.Bryan, Human behavior in fire :The development and maturity of a scholarly study area[J].Fire and Materials 23 (1999)249-253.
[3]	M.Kobes, I.Helsloot, B.de Vries, J.G.Post,Building safety and human behavior in fire :A literature review[J], Fire Safety Journal 45(2010)1-11.
[4]	Katuhara M, Kameyama M, Miyata O, et al. Simulation of human escape on board-I[J]. Journal of Japan Institute of Navigation, 1997, 96: 283-293.

[5]	Katuhara M, Kameyama M, Miyata O. Simulation of human escape on board-III[J]. Journal of Japan Institute of Navigation, 1999, 100: 199-207.
[6]	Hwang II, K. An experiment on walking speeds of freshmen unexperienced in shipboard life on a passenger ship [J]. Journal of Korean Navigation Port Research, 2013, 37 (3): 239–244.
[7]	Brumley ,A.,Koss,L.,2000.The influence of human factors on the motor ability of passengers during the evacuation of ferries and cruise ships, Conference on human factors in ship design and operation.
[8]	Lee, D., Kim, H., Park, J. -H., et al. The current status and future issues in human evacuation from ships [J]. Safety Science, 2003, 41: 861-876.
[9]	Qiao Yue, Han Duanfeng, Shen Jihong. A study on the route selection problem for ship evacuation[C].2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics,P1958-1962,October 5-8, 2014
[10]	赵敏.考虑人员行为因素的客轮疏散模型研究与仿真[D].大连海事大学,2016.
[11]	张德珍,赵敏,Tang Y, 等.风浪影响下的客轮人员疏散模型及仿真[J].系统工程理论与实践,2016,36(6):1609-1615.
[12]	Ha, S., Ku, N.-K., Roh, M., et al. Cell-based evacuation simulation considering human behavior in a passenger ship [J]. Ocean Engineering, 2012, 53: 138-152.
[13]	von Sivers, I., Templeton, A., Künzner, F., et al. Modelling social identification and helping in evacuation simulation [J]. Safety Science, 2016, 89: 288-300.
[14]	Ni, B., Li, Z., Zhang, P., Li, X. An evacuation model for passenger ships that includes the influence of obstacles in cabins [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2017, 1-21.
[15]	Miao Chen, Duanfeng Han. Multi-grid model for crowd's evacuation in ships based on cellular automata. Polish Maritime Research Special Issue 2015 S1 (86) 2015 Vol. 22; pp. 75-81.
[16]	朱成华, 韩端锋, 陈淼, 姚军. 基于 DEA 原理的船舶人员疏散通达性评估[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2015, 36(06):741-745.
[17]	杨琪, 王维莉, 胡志华. 突发事件下邮轮应急疏散模拟及其验证[J]. 大连海事大学学报, 2017, 44(2): 27-32.
[18]	孙锦路.船体倾斜状态下人员运动特征研究[D].中国科学技术大学,2018.
[19]	Sun, J., Guo, Y., Li, C., et al. An experimental study on individual walking speed during ship evacuation with the combined effect of heeling and trim [J]. Ocean Engineering, 2018, 166: 396-403.
[20]	Sun, J., Lu, S., Lo, S., et al. Moving characteristics of single file passengers considering the effect of ship trim and heeling [J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2018, 490: 476-487
[21]	廖守衡. 客船倾斜状态下人员疏散模型的研究[D].大连海事大学,2010.
[22]	廖守衡,付玉慧,徐德江.客船疏散模型研究综述[J].大连海事大学学报,2010,36(S1):33-35.
[23]	高飞. 客轮人员应急疏散模型构建及仿真研究[D].大连海事大学,2017.
[24]	周城. 客船人员在走廊拐弯处疏散运动研究[D].大连海事大学,2012.
[25]	徐澄. 基于元胞自动机人员疏散仿真的客船布置优化研究[D].武汉理工大学,2014.
[26]	曹时. 基于元胞自动机的船舶人员疏散路径优化[D].哈尔滨工程大学,2016.
[27]	郭琳,卢春霞.基于 IMO 标准的客轮正常状态下疏散实证研究[J].科学技术与工

	程,2011,11(05):1022-1029.
[28]	郭琳. 基于 IMO 指南的客轮疏散研究[D].上海交通大学,2011.
[29]	金雁,王欣宇.120 客位双层旅游客船通道布置优化[J].造船技术,2019(02):5-11.
[30]	倪宝成,林壮,李平.考虑逆行避让行为的客船疏散仿真模型[J/OL].哈尔滨工程大学学报,2020(01):1-7.
[31]	Peiman Alipour Sarvari, Emre Cevikcan, et al. A maritime safety on-board decision support system to enhance emergency evacuation on ferryboats [J]. Maritime Policy & Management, 2019, 46(4): 410-435.
[32]	Hifi, Y. Probabilistic Modelling of the Process of Evacuation for Ship Crises Management [D]. MPhil Thesis. University of Strathclyde, 2017.
[33]	郑源,黄玉彪,黄丹妍,杨立中.船用长通道顶棚下方烟气温度分布规律及蔓延运动分析[J].船海工程,2017,46(03):31-36+40.
[34]	黄丹妍,卢兆明,黄玉彪,郑源,杨立中.基于 Pathfinder 的考虑不同出口位置的舰船舱室疏散问题[J].船海工程,2017,46(03):113-117.
[35]	李亚朋,蔡薇.船舶人员疏散问题研究进展[J].中国造船,2019,60(3):228-241.
[36]	Babak Hejrati,Sam Chesebrough,K. Bo Foreman,Jake J. Abbott,Andrew S. Merryweather. Comprehensive quantitative investigation of arm swing during walking at various speed and surface slope conditions[J]. Human Movement Science,2016,49.
[37]	Zhi-Ming Fang,Wei-Guo Song,Zi-Juan Li,Wei Tian,Wei Lv,Jian Ma,Xia Xiao. Experimental study on evacuation process in a stairwell of a high-rise building[J]. Building and Environment,2011,47.
[38]	房志明,许清风,宋伟宁,陈玲珠,冷予冰.超高层建筑人员步行疏散试验研究[J].中国安全科学学报,2018,28(03):185-190.
[39]	Feizhou Huo,Weiguo Song,Lei Chen,Chi Liu,K.M. Liew. Experimental study on characteristics of pedestrian evacuation on stairs in a high-rise building[J]. Safety Science,2016,86.
[40]	Ying Zheng,Xin-Gang Li,Bin Jia,Rui Jiang. Simulation of pedestrians' evacuation dynamics with underground flood spreading based on cellular automaton[J]. Simulation Modelling Practice and Theory,2019,94.
[41]	Litao Wang,Shifei Shen. A decay model for the fundamental diagram of pedestrian movement[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications,2019,531.
[42]	Heba A. Kurdi,Shiroq Al-Megren,Reham Althunyan,Asma Almulifi. Effect of exit placement on evacuation plans[J]. European Journal of Operational Research,2018,269(2).
[43]	Wenjun Lei,Chuanmin Tai. Effect of different staircase and exit layouts on occupant evacuation[J]. Safety Science,2019,118.
[44]	Yaping Ma,Lihua Li,Hui Zhang,Tao Chen. Experimental study on small group behavior and crowd dynamics in a tall office building evacuation[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications,2017.
[45]	陈长坤,秦文龙,童蕴贺,等.突发火灾下人员疏散心理及行为的调查与分析[J].中国安全生产科学技术,2018,14(08):35-40.
[46]	陈长坤,秦文龙.地铁站异质人群疏散折返行为模拟分析[J].中国安全生产科学技术,2018,14(09):24-30.
[47]	益朋,李华.人因习惯心理对安全疏散的影响研究[J].中国安全生产科学技

二、主要研究内容及拟解决的关键问题。

1.主要研究内容

本文主要是基于人员疏散行为仿真的客船设计研究，主要进行以下几个方面的研究：

（1）针对船舶人员疏散的特点和人口统计学特征，参考陆地撤离过程中人员的各种行为模式，分析乘客对船舶环境的熟悉度、船员的领导者行为以及紧急状况时乘客的心理影响等因素，对船舶人员疏散的典型行为进行仿真研究。

（2）比对加入人员行为的疏散过程与正常疏散的实验结果，获取不同情况时，船舶的拥堵点、疏散时间和逃生人数等实验参数，并针对船上逃生设施的利用率进行讨论，提高疏散效率。

（3）根据实验结果，对客船的设计布置提出优化建议，减缓拥堵区域的疏散压力，并模拟出优化后的疏散过程，验证实验成功与否。

2.拟解决的关键问题

（1）针对现有船舶人员疏散的相关研究成果，研究最具典型的船上人员撤离的行为，比对现有的疏散软件，根据各软件的优缺点，建立模型进行仿真；

（2）对实验结果进行定性和定量分析，系统研究各种行为模式下的疏散过程差异，修改对于对实验结果影响较大的因素。

（3）了解目前客船的建造设计现状，根据现有客船的条件限制，对其提出可行性的建议。

三、研究方案：包括拟采取的研究方法、技术路线、可行性分析。

1. 拟采取的研究方法

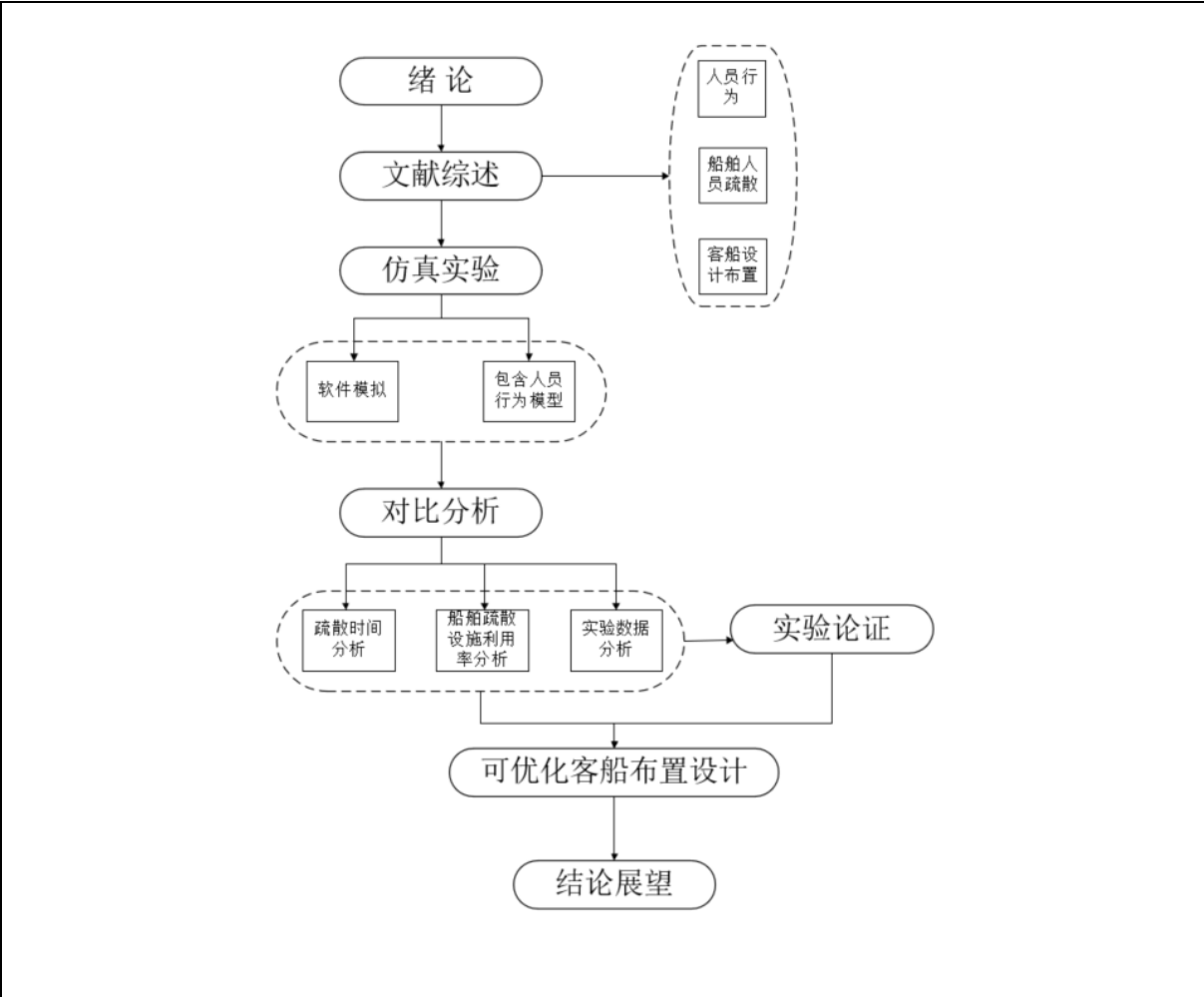
（1）运用文献分析法，了解有关人员行为、船舶人员疏散以及客船设计布置的国内外研究现状，确定研究内容。

（2）利用疏散软件，模拟船舶疏散过程；建立包含典型人员行为的模型，仿真疏散过程，对比分析现有软件模拟结果，探究人员行为对疏散过程的影响。

（3）通过实验数据分析，针对现有客船布置的缺陷与不合理之处，提出设计意见。

2.技术路线

为完成本文的研究目标，采用实验与理论分析相结合的研究方法，主要研究技术路线如下图所示：



四、研究计划：包括进度安排、内容、预期目标和预期结果

时间	研究内容	预期目标和预期效果
2018.09-2019.05	广泛阅读文献	确定研究方向，整理相关资料
2019.06-2019.10	文献资料分析，确定研究重点内容	学习相关度比较高的文献，完成资料汇总，提交开题报告
2019.11-2020.06	学习编程，建立数学模型，进行实验模拟	收集实验数据，解决实验中遇到的问题
2020.07-2020.11	准备小论文 人员行为对客船疏散的影响	撰写小论文
2020.12-2021.06	撰写学位论文	完成学位论文，并进行毕业答辩

五、指导教师意见

签名: _____

日期: 年 月 日

日期: 年 月 日

六、开题报告会记录（着重记录评审专家的质疑问题与研究生的回答要点，以及专家对选题的具体修改意见）

年 月 日

六、论文选题评价结果（请评审专家在相应等级后的“（ ）”内打“√”，并给出评语）

评价结果： 通过（ ）； 修改后通过（ ）； 不通过（ ）；

评价等级： 优秀（ ） 良好（ ） 一般（ ）；

评 语：

评审专家小组签名：组长_____

成员_____

时间： 年 月 日